

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000). Tetapi belakangan ini definisi beton sudah semakin luas, yaitu beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai tipe semen, agregat dan juga bahan *pozzolan*, abu terbang, sulfur dan lain-lain (Neville dan Brooks, 1987). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Kecepatan kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada faktor air semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Salah satu kinerja beton yang sering diperhatikan adalah kuat tekan beton. Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Mulyono,T., 2004), mengungkapkan pendapat :

Fungsi dari masing-masing komponen pada pembuatan beton adalah :

1. Semen sebagai bahan pengikat agregat dengan komposisi didalam beton sebanyak 15-20 % dari volume beton.
2. Air sebagai pereaksi bagi semen agar dapat mengikat agregat. Banyak penggunaan air dibandingkan dengan volume beton berkisar 8-10%.
3. Agregat sebagai bahan pengisi rongga-rongga dalam beton dengan jumlah 60-70 % dari volume beton.
4. Bahan tambah sebagai pemberi/pengubah sifat tertentu pada beton.

Adapun keuntungan dan kerugian dari penggunaan beton diantaranya adalah sebagai berikut :

Keuntungan :

1. Ekonomis (bahan dasar mudah diperoleh).
2. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan dan kebutuhan.
4. Beton tahan aus dan tahan terbakar api, sehingga perawatannya lebih murah.

Kerugian :

1. Beton tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak.
2. Beton yang sulit diubah apabila sudah mengeras.
3. Memerlukan biaya untuk bekisting, perancah (untuk beton cor di tempat) yang tidak sedikit jumlahnya.
4. Pelaksanaan pengerjaan membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi.

2.1.2 Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan karakteristik dan parameter pembentuknya. (Mulyono, 2005)

a. Berdasarkan berat satuannya (SNI 2847 : 2019)

- Beton ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
- Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
- Beton berat : berat satuan $> 2.500 \text{ kg/m}^3$

b. Berdasarkan Tingkat Kekerasan Beton

- Beton segar : Masih dapat dikerjakan
- Beton hijau : Beton yang baru saja dituangkan dan segera harus dipadatkan.
- Beton muda : 3 hari < 28 hari
- Beton keras : Umur >28 hari

c. Berdasarkan Mutu Beton

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pekat beton, prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar, beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7 -2005)

d. Berdasarkan Cara Pembuatan Beton

- Beton cast in-situ, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur

- Beton pre-cast, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur
- e. Klasifikasi Berdasarkan Tegangan Beton (Beton Pra-tegang)
- Beton konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
 - Beton pre-stressed, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
 - Beton post-tensioned, disebut juga metode pasca tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton sudah mengeras.
- f. Syarat-syarat Campuran Beton

Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

a. Kekuatan Desak

Kekuatan desak yang dicapai pada umur beton 28 hari harus memenuhi persyaratan yang diberikan oleh perencana persyaratan menurut karakteristik umum beton yang direncanakan.

b. *Workability*

Untuk memenuhi *workability* yang cukup guna pengangkutan, pencetakan dan pemadatan beton sepenuhnya dengan peralatan yang tersedia dalam pengerjaan pembentukan beton yang diinginkan.

c. *Durability*

Durabilitas atau sifat awet berhubungan dengan kekuatan desak. Semakin besar kekuatan desak maka semakin awet betonnya.

d. Penyelesaian akhir dari permukaan beton

Kohesi yang kurang baik merupakan salah satu sebab penyelesaian akhir yang kurang baik apabila beton dicetak pada acuan tegak, seperti goresan

pasir dan variasi warna dapat juga mendatangkan kesulitan di dalam menambal bidang horizontal menjadi suatu penyelesaian akhir yang harus padat.

2.2 Bahan-Bahan Campuran Beton

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan pengikat yang bersifat hidrolisis. bentuknya seperti bubuk halus yang dihasilkan dengan metode klinker.

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

a. Semen Portland (*portland cement*)

Semen portland tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air akan tetapi dapat mengeras di udara, Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

b. Semen Hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik ialah kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozzolan, dan lain-lain.

Tabel 2.2 Jenis-Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4AF	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	250
III	Kekuatan Awal Tinggi	60	13	9	8	500
IV	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	10	40	9	9	220

(Sumber : ASTM C.150-2004)

Menurut spesifikasi semen standard sesuai ASTM C150-92 spesifikasi ini mencakup delapan tipe semen portland, yaitu :

a. Tipe I

Untuk kegunaan dimana spesifikasi khusus pada tipe lain tidak dibutuhkan.

b. Tipe IA

Air entraining cement untuk kegunaan yang sama dengan tipe I dimana kandungan udara (*Air entraining*) diinginkan.

c. Tipe II

Untuk penggunaan umum, lebih khusus ketika ketahanan sulfat moderat atau panas hidrasi moderat dibutuhkan.

d. Tipe II A

Air entraining cement untuk kegunaan yang sama dengan tipe II, dimana kandungan udara dibutuhkan.

e. Tipe III

Untuk kegunaan dimana kekuatan awal tinggi dibutuhkan.

f. Tipe III A

Air entraining cement untuk kegunaan yang sama dengan tipe III, dimana kandungan udara dibutuhkan.

g. Tipe IV

Untuk kegunaan dimana panas hidrasi rendah dibutuhkan.

h. Tipe V

Untuk kegunaan dimana ketahanan sulfat yang tinggi dibutuhkan.

Untuk semen melakukan pengujian :

- Berat Jenis Semen

2.2.2 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan

dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25% berat semen saja. Namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,45. Kelebihan air ini digunakan sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena dapat mengurangi kekuatan beton serta akan didapatkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air pada beton akan bercampur dengan semen dan bersama-sama muncul ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang disebut dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat ke luar, sehingga terjadilah sarang-sarang kecil (Tjokrodinuljo, 1996).

A. Persyaratan Air untuk campuran beton (SNI 03-6861.1-2002) :

- a. Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- b. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik dsb) lebih dari 15 gram/liter.
- d. Kandungan khlorida (Cl) < 0,50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO₃.
- e. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
- f. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 0,05 gram/liter.

B. Sifat – Sifat Air

Air cenderung bergerak kepermukaan (bersama sama/membawa butir n semen) adukan beton segar (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan membentuk suatu lapisan tipis/selaput tipis yang disebut *laitance*. Lapisan

ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. air cenderung mengalir keluar (bersama-sama/membawa butiran semen) bila cetakan kurang rapat, yang menyebabkan terjadinya sarang-sarang kerikil.

Kandungan kimia dan atau organik dalam air mempengaruhi kualitas beton :

- a. Air laut mengandung 3,50% larutan garam (sodium klorida dan magnesium sulfat) yang dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20%. Adanya garam ini dan menyebabkan baja-tulangan atau baja-prategang terkorosi, maka air laut tidak boleh dipergunakan untuk campuran beton yang menggunakan baja-tulangan/baja-prategang.
 - b. Air yang mengandung gula $> 0,05\%$, memperlambat ikatan awal dan menurunkan kekuatan beton.
 - c. Air yang mengandung seng klorida akan memperlambat ikatan awal beton, bahkan dalam jumlah yang cukup banyak akan menyebabkan beton yang berumur 2 – 3 hari belum memiliki kekuatan awal.
- C. Pengaruh dan Ukuran :
- a. Jumlah air mempengaruhi sifat mudah dikerjakan (*workability*) beton segar, kualitas beton segar dan kekuatan beton.
 - b. Jumlah air ditentukan oleh perbandingan berat terhadap berat semen (fas) dan tingkat kemudahan pengerjaan. Nilai fas $< 0,35$ menyebabkan beton segar sulit dikerjakan (tanpa bahan tambah).
 - c. Kelebihan air (berdasarkan fas) dari yang dibutuhkan untuk reaksi kimia dengan semen dipakai sebagai pelumas. Penambahan air (dari jumlah air berdasarkan fas) dengan tujuan meningkatkan kemudahan pengerjaan akan mengakibatkan kualitas beton turun dan betonnya porous.

2.2.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kira – kira 60-75% volume beton diisi oleh agregat Agregat sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji.

Agregat yang dipakai harus memenuhi syarat-syarat :

- a. kerikil harus berupa butiran keras dan tidak berpori.
- b. Agregat harus bersih dari unsur organik.
- c. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering.
- d. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam.

Agregat yang mempunyai butir-butir besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang disebut abu batu.

Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton, kegunaannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kecekaan.

Agregat halus yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Bentuk butiran pasir harus tajam, kuat dan keras.
2. Kandungan lumpur pada pasir lebih dari 5% berat keringnya.
3. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak

Menurut SNI 03-2834-2000 Tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI

Ukuran Saringan	SNI 03-2834-2000			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3	Gradasi 4
9,6	100-100	100-100	100-100	100-100
4,8	90-100	90-100	92-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butir minimal 5 mm dan ukuran maksimum 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan, syarat- syarat agregat kasar yang akan dicampur sebagai adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Dari kadar agregat yang lemah bila diuji dengan cara digores menggunakan atang tembaga, maksimum 5%.
2. Agregat kasar terdiri dari butiran pipih dan panjang, hanya bisa dipakai jika jumlah butiran pipih dan panjang tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya.
3. Butir-butir agregat harus bersifat kekal (tidak pecah atau hancur) oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, Contohnya zat-zat reaktif dan alkali.
5. Lumpur yang terkandung dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% berat agregat kasarnya, apabila lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan air yang bersih.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	%Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Maks 10mm	Ukuran Maks 20mm	Ukuran Maks 40mm
76	-	-	100-100
38	-	100-100	95-100
19,6	100-100	95-100	35-70
9,6	50-85	30-60	10-40
4,8	0-10	0-10	0-5

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

2.2.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Ada dua kategori bahan tambah, yaitu admixture dan additive.

a. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Merupakan bahan tambahan yang berfungsi sebagai filler dan tidak mengubah sifat beton secara kimiawi.

b. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Merupakan bahan tambah kimia yang dapat mengubah sifat beton. Adapun macam-macam bahan tambah kimia, yaitu :

1. Tipe A (*Water Reducing Admixture*)

Water reducing admixture adalah bahan yang mengurangi air percampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

2. Tipe B (*Retarding Admixture*)

Retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikat beton. Misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.

3. Tipe C (*Accelerating Admixture*)

Accelerating admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

4. Tipe D (*water reducing and retarding admixture*)

Water reducing and retarding admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

5. Tipe E (*water reducing and accelerating admixture*)

Water reducing and accelerating admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

6. Tipe F (*water reducing high range admixture*)

Water reducing high range admixture adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk 17 menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Bahan tambah ini adalah *superplasticizer*, Dosis yang disarankan adalah sekitar 1-2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

7. Tipe G (*water reducing high range retarding admixture*)

Water reducing high range retarding admixture adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi air pencampuran yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penundaan waktu pengikatan.

2.2.5 Superplasticizer

Superplasticizer (Sikacim Concrete Additive) adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang melarutkan gumpalan gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif kecil karena sangat mudah mengakibatkan *bleeding*.

a. Pengelompokan *Superplasticizer*

Penggunaan *superplasticizer* mulai dikembangkan di Jepang dan Jerman pada tahun 1960-an dan menyusul kemudian di Amerika Serikat pada 1970-an

Superplasticizer adalah polimer linear yang mengandung *sulfonic acid* (asam sulfonat), yang secara umum terbagi menjadi 4 jenis/kelompok :

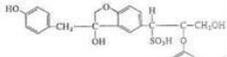
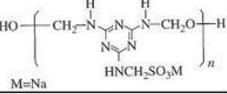
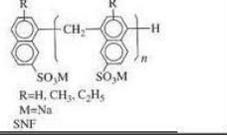
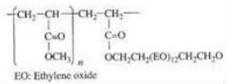
- *Sulfonated melamine-formaldehyde condensates* (SMF)
- *Sulfonated naphthalene-formaldehyde condensates* (SNF)
- *Modified lignosulfonates* (MLS)
- *Polycarboxylate derivatives*, misal jenis polycarboxylic ether (PCE)

b. Sifat *Superplasticizer*

Superplasticizer tersusun atas asam sulfonat yang berfungsi menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen, untuk menghasilkan viskositas/kekentalan adukan pasta semen atau beton segar yang lebih rendah

c. Komposisi Kimia *Superplasticizer*

Tabel 2.5 Kimia *Superplasticizer*

Class	Origin	Structure (typical repeat unit)	Relative cost
Lignosulphonates	Derived from neutralization, precipitation, and fermentation processes of the waste liquor obtained during production of paper-making pulp from wood		1
Sulphonated melamine formaldehyde (SMF)	Manufactured by normal resinification of melamine - formaldehyde		4
Sulphonated naphthalene formaldehyde (SNF)	Produced from naphthalene by oleum or SO ₃ sulphonation; subsequent reaction with formaldehyde leads to polymerization and the sulphonic acid is neutralized with sodium hydroxide or lime		2
Polycarboxylic ether (PCE)	Free radical mechanism using peroxide initiators is used for polymerization process in these systems		4

(Sumber: Rixom and Maivaganam, 2003)

d. Pemanfaatan *Superplasticizer*

Efek *superplasticizer* pada beton segar yang dimanfaatkan adalah kemampuan untuk :

- meningkatkan slump dan *workability* (*slump* hingga 23 cm)
- mengurangi pemakaian air
- mengurangi pemakaian semen

Secara umum tujuan yang ingin dicapai dengan penggunaan *superplasticizer* adalah untuk :

- mencapai posisi pengecoran yang sulit melakukan pemadatan dengan vibrator karena dapat menghasilkan beton segar yang dapat mengalir dengan lebih baik dengan slump hingga 23 cm.
- menghasilkan beton mutu tinggi dengan mengurangi air sehingga faktor air semen yang merupakan faktor utama penentu mutu beton dapat diminimalkan sekecil mungkin, sehingga hanya air yang diperlukan untuk reaksi hidrasi semen saja yang digunakan.
- menghasilkan beton dengan permeabilitas yang lebih rendah (lebih kedap air) dengan pengurangan pemakaian air dan kemampuan

menyebarkan partikel semen dalam adukan beton segar, dapat menghasilkan kepadatan beton yang lebih baik sehingga lebih kedap air.

- menghasilkan beton yang setara mutunya dengan faktor air semen yang lebih kecil, sehingga pemakaian semen menjadi lebih sedikit namun pemakaian untuk tujuan ini tidak terlalu sering digunakan, karena jumlah semen minimum yang disyaratkan untuk beton tertentu harus dipenuhi.

Kemampuan *superplasticizer* untuk meningkatkan slump beton segar tergantung pada :

- jenis, takaran dan waktu penambahan *superplasticizer*
- faktor air semen dan jumlah semen yang digunakan dalam adukan beton segar

superplasticizer dapat digunakan untuk hampir semua jenis semen.

Takaran penggunaan *superplasticizer* harus mengikuti rekomendasi dari produsen, yang dapat dilihat pada brosur teknis atau panduan pemakaian secara umum penggunaannya pada beton normal adalah 1-3 liter per m³ beton segar untuk tujuan meningkatkan *workability* (dapat dicampurkan di lokasi proyek sebelum penuangan beton segar). Penggunaan untuk mengurangi pemakaian air dapat dilakukan dengan takaran 5-20 liter per m³ beton segar namun hal ini harus dilakukan di batching plant dengan pengawasan *engineer* sehubungan dengan penggabungannya dengan bahan tambah yang bersifat retarding yang tujuan utamanya adalah menghasilkan beton mutu tinggi dengan pemakaian semen yang tetap.

e. Efek Negatif *Superplasticizer*

Efek negatif dari penggunaan *superplasticizer* adalah kehilangan slump yang relatif cepat, sehingga walaupun *workability* meningkat cukup besar, waktu pengerjaannya menjadi lebih singkat dalam waktu sekitar satu jam setelah penambahan *superplasticizer*, *workability*-nya akan relatif hilang karena

slump loss (kehilangan *slump*) yang sangat cepat *Slump loss* atau kehilangan slump berbeda dengan setting beton, walaupun dalam bahasa praktis di lapangan sering dikatakan bahwa jika ditambah *superplasticizer* maka waktu setting menjadi lebih cepat sebenarnya waktu settingnya tidak menjadi lebih cepat namun karena penurunan nilai *slump* (kehilangan *slump*) yang relatif cepat, secara visual dan pengerjaannya menimbulkan kesan bahwa beton sudah mengeras dalam arti memasuki masa setting. Untuk mengakali efek negatif ini, penambahan *superplasticizer* dapat dicampurkan sesaat sebelum beton segar dituang di lapangan namun perlu sangat diperhatikan takaran/dosis penggunaannya terutama jika penambahan *superplasticizer* dilakukan setelah beton segar dituang sebagian yang mengakibatkan kesulitan mengetahui sisa beton segar yang masih ada di dalam *mobile mixer*.

2.3 Pengujian

2.3.1 Material

A. Analisa Saringan

Analisa saringan agregat ialah penentuan persen-tase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Berdasarkan SNI 03-1968-1990 Berat minimum benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Agregat halus terdiri dari ;

- ukuran maksimum 4,76 mm; berat minimum 500 gram
- ukuran maksimum 2,38 mm; berat minimum 100 gram

Agregat kasar antara lain terdiri dari ;

- ukuran maksimum 3,5"; berat minimum 35 kg
- ukuran maksimum 2,5"; berat minimum 25 kg
- ukuran maksimum 1"; berat minimum 10 kg.

Tabel 2.6 Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan	SNI 03-2834-2000			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3	Gradasi 4
9,6	100-100	100-100	100-100	100-100
4,8	90-100	90-100	92-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

B. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Berat jenis, yaitu perbandingan antara masa dan volume suatu bahan dan penyerapan yaitu tingkat dan kemampuan suatu bahan menyerap sejumlah zat cair yang masuk melalui pori-pori seluruh permukaan agregat.

Penyerapan adalah suatu kemampuan agregat menyerap air sampai keadaan jenuh, dan besarnya penyerapan sangat dipengaruhi oleh porisitas. Agregat adalah material yang berasal dari alam maupun buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran konstruksi perkerasan jalan. Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 1969-2008. Nilai berat jenis yang memenuhi spesifikasi nilai minimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-31970-2008 adalah 2,50. Nilai penyerapan agregat halus sebesar 0,62% dan memenuhi spesifikasi nilai maksimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-1970-2008 adalah 3 %.

Tabel 2.7 Standar Pengujian

Standar Pengujian	Karakteristik	Persyaratan	Hasil Pemeriksaan
03-1970-2008	Berat Jenis Agregat Kasar <ul style="list-style-type: none"> Berat Jenis Curah Berat Jenis SSD Berat Jenis Semu Penyerapan 	- - - Maks 3	<ul style="list-style-type: none"> 2,27 2,33 2,41 2,53%
	Berat Jenis Agregat Sedang <ul style="list-style-type: none"> Berat Jenis Curah Berat Jenis SSD Berat Jenis Semu Penyerapan 	- - - Maks	<ul style="list-style-type: none"> 2,34 2,40 2,48 2,38%
	Berat Jenis Agregat Halus <ul style="list-style-type: none"> Berat Jenis Cerah Berat Jenis SSD Berat Jenis Semu Penyerapan 	- - - Maks 3	<ul style="list-style-type: none"> 2,41 2,43 2,55 2,16%

(Sumber : . Hasil Pemeriksaan Lanjutan Berat Jenis Material Matali)

C. Bobot Isi Gembur & Padat

Berat isi agregat adalah perbandingan antara berat agregat dengan volume yang ditempatinya. Kondisi padat senilai 1,46 kg/m³. Menurut SNI 03 - 1973 – 2008 batas minimum nilai berat isi untuk agregat halus dan kasar 0,4 – 1,9 kg/m³, maka agregat dalam penelitian memenuhi syarat berat isi campuran pengujian beton.

D. Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air pada suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen (Anonim, 2010). Berdasarkan SNI 03-1971-1990 Kadar air agregat kasar sebesar 2,1568%, dan nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air yaitu 3% - 5%. Hal ini disebabkan material yang diperiksa telah kering terkena sinar matahari langsung sebelum dilakukan penelitian.

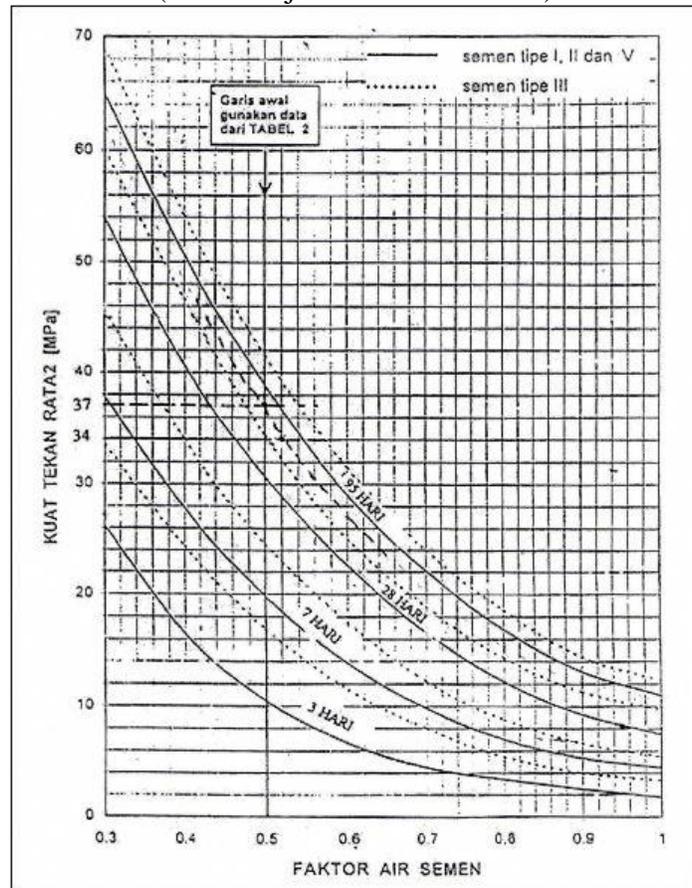
E. Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus (pasir) bertujuan untuk menentukan besarnya (persentase) kadar lumpur dalam agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton. Kandungan lumpur < 5 % merupakan ketentuan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI 1982), kandungan lumpur bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

F. Berat Jenis Semen

Pada berat jenis semen adalah suatu perbandingan antara massa jenis semen dengan sebuah massa jenis air. Atau hal lain yakni hasil dari perbandingan antara berat benda dengan sebuah volume benda. Untuk berat jenis ini sangatlah diperlukan karena dapat berpengaruh pada banyak tidaknya bahan yang digunakan dan keberhasilan dalam sebuah pembangunan. Menurut ketentuan SNI 15-2531-1991 berat jenis semen yakni antara 3,00 – 3,20 t/m³, jadi berat jenis semen tersebut memenuhi standart ketentuan yang di tetapkan. Berikut ini grafik faktor air ketentuan SNI 03-2834-2000 :

Gambar 2.1 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan FAS Beton
(Benda Uji Berbentuk Kubus)



Sumber : SNI 03-2834-2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal

2.3.2 Mix Desain Beton

Mix Design dalam beton adalah pekerjaan merancang dan memilih material bermutu tinggi untuk kepentingan produksi beton serta menentukan dalam mutu dan kekuatan beton itu sendiri. Pekerjaan *mix design* tentu bukan pekerjaan sederhana dituntut untuk cermat dalam memilih material yang akan digunakan sebagai beton cor nantinya, atas dasar kondisi dilapangan khususnya kondisi eksposur dan lain-lain. Satu lagi, juga harus menentukan *cost of material* se-efisien mungkin perencanaan *mix design* beton adalah guna mendapatkan jumlah ukuran perbandingan yang sesuai seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Rancangan adukan beton juga memiliki maksud memperoleh beton yang

tepat dengan bahan dasar tersedia. Diantara pekerjaan mix design yang sering ditemui yaitu di tempat pembuatan beton *ready mix* atau *batching plant*.

- **Perhitungan proposi campuran beton**

Berikut perhitungan perancangan proporsi campuran beton pada pengujian kali ini seperti berikut :

- a. Kuat tekan yang di syaratkan adalah 22,5 Mpa pada 28 hari.
- b. Jenis semen yang digunakan adalah semen portland tipe 1.
- c. Jenis agregat yang digunakan :
 - Agregat kasar berupa split berukuran $\frac{1}{2}$
 - Agregat halus berupa pasir alami
- d. Faktor air semen bebas ditentukan melalui grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm). Dengan memasukan nilai kuat tekan dan membuat kurva baru pada grafik serta menarik garis datar sehingga memotong sumbu X, didapat nilai faktor air semen sebesar 0,545
- e. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan (nilai terendah).
- f. Nilai *slump* pada perancangan campuran ditentukan 60 – 180 mm.
- g. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 20 mm.
- h. Menentukan kadar air bebas (pada tabel 2.8) berapa perkiraan kadar air bebas (gr/cm^2) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan campuran beton.

Tabel 2.8 Perkiraan Kadar Air Bebas (gr/cm^2)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber : SNI 03-03-2834-2000)

Untuk besar agregat minimum 20 mm, agregat batu pecah dan slump 60 – 180 mm didapat nilai kadar air bebas 205 kg/m^3 .

- i. Jumlah semen yang digunakan pada perancangan campuran beton ini sebanyak 416 kg/m^3
- j. Jumlah semen maksimum tidak ditentukan.
- k. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam beton dalam lingkungan khusus.
- l. Susunan butir agregat halus ditetapkan masuk kedalam gradasi susunan butir zona 2
- m. Persen agregat halus ditetapkan dalam grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm. Dalam hal ini diperoleh persen agregat halus sebesar persen.
- n. Berat jenis relatif agregat (kering permukaan) adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat kasar dan agregat halus.

$$\text{Berat jenis relatif agregat} = (0,58 \times 2,45) + (0,42 \times 2,63) = 2,53$$

Tabel 2.9 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Beton Dalam Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	275	0,60
a. Keadaan keliling non-korosif	325	0,52
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif		
Beton diluar bangunan :	325	0,60
a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung		
Beton masuk kedalam tanah :	325	0,55
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti – ganti		Lihat tabel 5
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		
Beton yang kontinu berhubungan :		Lihat tabel 6
a. Air tawar		
b. Air laut		

(Sumber : SNI 03-03-2834-2000)

- o. Berat jenis beton diperoleh dari grafik perkiraan isi beton basah, dimana diperoleh angka 2410 kg/m³.
- p. Kadar agregat halus dalam hal ini diperoleh 1675,95 kg/m³
- q. Kadar agregat kasar dalam hal ini diperoleh 605,40 kg/m³
- r. Proporsi campuran

Didapatkan proporsi campuran beton untuk tiap m³ sebagai berikut:

- Semen portland = 416 kg
- Agregat halus = 604,08 kg
- Agregat kasar = 1678 kg
- Air = 190 kg/lt

Formulir perencanaan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.10

Table 2.10 Contoh Formulir Perencanaan Campuran Beton

Contoh Isian Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian ---	Tabel/Grafik/ Perhitungan	Nilai ---		
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan	22,5 Mpa pada 28 hari Bagian tak memenuhi syarat 5 % ($k=1,64$)		
2	Deviasi Standar	Diketahui	7 Mpa		
3	Nilai tambah (margin)		$1,64 \times 7 = 11,5$ Mpa		
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3	$22,5 + 11,5 = 34,0$ Mpa		
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Portland Tipe I		
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu Pecah Alami		
7	Faktor air semen bebas	Tabel 2, grafik 1	0,60 (ambil nilai yang terkecil)		
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,60		
9	Slump	Ditetapkan	Slump 30 – 60 mm		
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 Mm		
11	Kadar air bebas	Tabel 3	170 kg/m^3		
12	Kadar semen	11:8	$170 : 0,60 = 293 \text{ kg/m}^3$		
13	Kadar semen maksimum	Ditetapkan	$170 : 0,60 = 293 \text{ kg/m}^3$		
14	Kadar semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m^3 (pakai bila lebih besar dari 12 lalu hitung 15)		
15	Faktor air semen yang disesuaikan				
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 s/d 6	Daerah gradasi susua butir 2		
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Tabel 7, Grafik 7, 8, 9 Grafik 10, 11, 12			
18	Persen agregat halus	Grafik 13 s/d 15	35 Persen		
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)		2,59 Diketahui		
20	Berat isi beton	Grafik 16	2.380 kg/m^3		
21	Kadar agregat gabungan	20 - 12 - 11	$2.380 - 283 - 170 = 1.927 \text{ kg/m}^3$		
22	Kadar agregat halus	18 x 21	$1.927 \times 0,35 = 674 \text{ kg/m}^3$		
23	Kadar agregat kasar	21 - 22	$1.927 \times 674 = 1.253 \text{ kg/m}^3$		
24	Proporsi campuran				
		Semen (kg)	Air (kg/lt)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				halus	kasar
	- tiap m^3	283	15	702	1.245
	- tiap campuran uji m^3		0	35,10	62,25
		14,25	7,5		
	Banyaknya bahan (teoritis)	Semen (kg)	Air (kg atau liter)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)
	- tiap m^3 dengan ketelitian 5 kg	283	170	674	10253
	- tiap campuran uji $0,05 \text{ m}^3$	14,15	8,5	33,17	62,65
25	Koreksi campuran	283	150	702	1.245
	- Tiap m^3				
	- Tiap $0,05 \text{ m}^3$	14,15	7,5	35,10	62,25
	-				

(sumber: Tabel mix desain SNI 03-2834-2000)

2.3.3 Slump Test

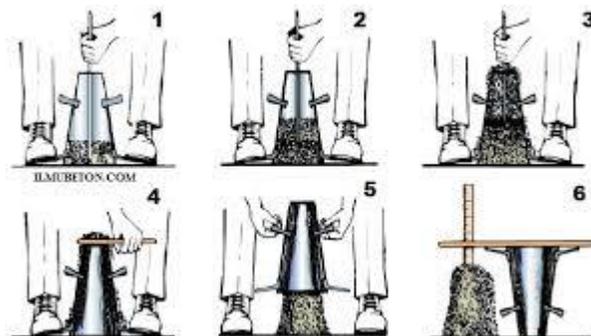
Menurut SNI 03-1972-1990 *Slump* beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) atau plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

- Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*).
- Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*).
- Kemampuan alir beton segar (*Flowability*).
- Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobilty*).
- Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).

Tabel 2.11 Penetapan Nilai *Slump* Adukan Beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak betulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur bawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal (beton massa)	7,5	2,5

(Sumber : Tjokrodimuljo,2007)



(sumber : IlmuBeton)

2.3.4 Kuat Tekan Beton

Kekuatan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2005). Kekuatan tekan beton dapat mencapai 1000 kg/cm^2 atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan.

Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm^2 sampai 500 kg/cm^2 . Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa kubus dengan ukuran $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan (*compression testing machine*) sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam Mpa atau kg/cm^2 .

Menurut SNI 03-6468-2000, untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi dapat dipilih untuk umur 28 hari atau 56 hari. Campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian di lapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan yang disyaratkan f_c' .

2.3.5 Metode Perawatan Beton

1. Metode tanpa perawatan beton dibiarkan di alam terbuka.
2. Metode tanpa perawatan tetapi disimpan di dalam ruangan.
3. Metode perawatan dengan merendam benda uji selama 24 jam.